نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۳۸۸-۳۷۷

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 377-388

بررسی انتشار گاز آمونیاک از سالن‌های پرورش جوجه گوشتی و تأثیرات دما، رطوبت و سن جوجه‌ها بر آن

موسی‌الرضا باغانی[۱]- محمدحسین آق‌خانی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۸

چکیده

افزایش غلظت گازهای سمی در مرغداری‌ها از مشکلات اساسی پرورش به‌شمار رفته و کنترل این فرآیند نیازمند شناخت دقیق شرایط تولید این گازها و فاکتورهای محیطی مؤثر بر آن می‌باشد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری نرخ انتشار آمونیاک و مطالعه تأثیرات دما و رطوبت سالن و سن جوجه‌ها بر میزان انتشار آمونیاک، از یک سالن مرغداری با ظرفیت ۱۸ هزار قطعه جوجه گوشتی در شهرستان سبزوار استفاده شد. برای انجام تحقیق، تمامی سنسورهای مورد نیاز درون سالن نصب گردید و اطلاعات دریافتی از آن‌ها در یک کامپیوتر مرکزی ذخیره و پردازش شدند. میانگین نرخ انتشار آمونیاک در طول پرورش جوجه‌های گوشتی ۸۹ میلی‌گرم در روز برای هر پرنده به‌دست آمد. نرخ انتشار آمونیاک تا سن ۳۷ روزگی افزایش یافت و بیشترین میزان انتشار آمونیاک در این سن مشاهده شد. رابطه نرخ انتشار آمونیاک با فاکتورهای مؤثر بر آن مانند دما و رطوبت هوای سالن و سن جوجه‌ها به روش رگرسیون به‌دست آمد. نتایج نشان داد که سن جوجه‌ها بالاترین تأثیر و دما و رطوبت سالن تأثیر کمتری را بر نرخ انتشار آمونیاک داشتند. با بالاتر رفتن سن پرنده و افزایش دما و رطوبت سالن، نرخ انتشار آمونیاک نیز افزایش یافت. مقایسه نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از معادله رگرسیون با نرخ انتشار اندازه‌گیری شده در شرایط واقعی نشان داد که معادله رگرسیون می‌تواند با دقت بالایی نرخ انتشار آمونیاک را تخمین بزند.

واژه‌های کلیدی: انتشار آمونیاک، جوجه گوشتی، دما، رطوبت نسبی، مدل رگرسیون

مقدمه

سالیانی است که تأمین غذا برای جمعیت کره زمین یکی از دغدغه‌های اساسی بشر بوده و هست. بخش کشاورزی جهت تأمین غذای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی است. توجه به محدودیت منابع انرژی و تأثیرات مخرب استفاده نامناسب از منابع، بر سلامت انسان و محیط زیست، لزوم تحقیق و بررسی بیشتر در زمینه مدیریت مصرف انرژی را افزایش می‌دهد (Sadrnia *et al*., 2017).

کشور ایران به‌عنوان یکی از بزرگترین تولیدکنندگان گوشت مرغ در آسیا، نقش اساسی در تولید گوشت در خاورمیانه دارد. تأثیرات فراوان صنعت مرغداری بر اقتصاد و سایر صنایع کشور، لزوم تحقیق و پژوهش در جهت افزایش بهره‌وری انرژی و افزایش کیفیت و کمیت تولید گوشت مرغ در ایران را بیشتر می‌کند (Mirzaee *et al*., 2015).

کنترل شرایط محیطی پرورش طیور باعث افزایش تولید و کاهش تلفات خواهد شد و اگر شرایط از حالت استاندارد خارج شود، گله دچار بیماری و یا تلفات شده و یا انرژی حاصل از تغذیه را صرف تنظیم درجه حرارت بدن و فاکتورهای حیاتی بدن کرده و این اتفاق باعث کاهش عملکرد تولید خواهد شد (Norton *et al*., 2007). افزایش غلظت گازهای سمی مانند NH_3 (آمونیاک)، CO_2 (دی اکسیدکربن)، SH_2 و CH_4 که از فعالیت پرنده‌ها درون سالن به‌وجود می‌آید، از مشکلات اساسی پرورش طیور محسوب می‌شود و خارج شدن آن از حد استاندارد باعث ایجاد تلفات زیاد و افت شدید راندمان تولید می‌شود (Pashmi and Moradi, 2010).

یکی از مهمترین گازهای سمی موجود در سالن‌های طیور گاز آمونیاک است. آمونیاک گازی است بی‌رنگ، با مزه‌ای فوق‌العاده تند و طعم حاد و زننده که اشک‌آور و خفه‌کننده است. گاز آمونیاک از هوا سبک‌تر است و به سرعت می‌تواند به مایع تبدیل شود. آمونیاک قابل

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aghkhani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v8i2.65179

حل در آب بوده و در دمای منفی ۷۷/۷۷ درجه سانتی‌گراد منجمد شده و در دمای منفی ۳۳/۳۴ درجه سانتی‌گراد به نقطه جوش می‌رسد.

آمونیاک می‌تواند از NH تولید شده و یا از طریق واکنش با نیتریک یا اسید سولفوریک در محیط به‌وجود آید. این گاز همچنین می‌تواند بر اساس رابطه (۱) از تجزیه میکروبی اسید اوریک درون کود حیوانات نیز به‌وجود آید (Osorio *et al*., 2009)، این واکنش به آب و اکسیژن نیاز داشته و حاصل این واکنش، کربن دی‌اکسید و آمونیاک می‌باشد (Groot Koerkamp, 1994). آمونیاک از تجزیه پروتئین‌های هضم نشده موجود در مدفوع پرنده نیز به‌وجود می‌آید (Osorio *et al*., 2009).

$$2C_5H_4O_3N_4 + 3O_2 + 8H_2O \rightarrow 10CO_2 + 8NH_3 \qquad (۱)$$

بالا رفتن تراکم گاز آمونیاک درون سالن مرغداری باعث حالت تهوع و سوزش چشم کارگران می‌شود و به طیور آسیب می‌رساند. میزان گاز آمونیاک بر اساس قسمت در میلیون (ppm) بیان می‌شود. برای تشخیص غلظت گاز آمونیاک در محیط به‌طور معمول از کاغذهای معرف و یا سنسورهای نشان‌دهنده غلظت آمونیاک استفاده می شود. غلظت آمونیاک تا ppm۱۵ قابل حس نیست. اگر به ۲۰ تا ۲۵ ppm برسد قابل حس توسط حس بویایی انسان خواهد بود. در غلظت ۳۰ تا ۵۰ ppm باعث تحریک و سوزش چشم‌ها و در غلظت ۵۰ —۱۰۰ ppm باعث عوارض تنفسی در انسان و مرغ می‌شود و رشد و تولید کاهش می‌یابد و اگر غلظت آن به بالای ۱۰۰ ppm برسد، باعث ایجاد تاول روی سینه و اگر به ۵۰۰ ppm برسد، موجب مرگ پرنده می‌شود. به‌طور کلی ضروری است غلظت آمونیاک در سالن از ۲۵ ppm بیش‌تر نشود (Leeson and Summer, 2001; Pashmi and Moradi, 2010). طبق مطالعات انجمن ملی ایمنی و سلامت شغلی کانادا، انسان مجاز است که برای ۸ ساعت در غلظت ۲۵ ppm، برای ۱۵ دقیقه در ۳۵ ppm و برای ۵ دقیقه در ۵۰ ppm تنفس کند و بیشتر از این مقدار می‌تواند خطرات زیادی برای انسان به همراه داشته باشد (Osorio *et al*., 2009).

دو روش کلی برای اندازه‌گیری آمونیاک منتشر شده از سالن‌های پرورش دام و طیور وجود دارد (Philips *et al*., 2001; Xin *et al*., 2002). این دو روش عبارتند از:

۱- اندازه‌گیری غلظت گاز آمونیاک ورودی و خروجی دریچه‌های تهویه و محاسبه آمونیاک تولید شده درون سالن از طریق معادله تعادل گاز آمونیاک؛ به‌کارگیری این روش نیاز به اندازه‌گیری دقیق نرخ تهویه دارد. در اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه اندازه‌گیری نرخ انتشار آمونیاک از ساختمان‌های پرورش حیوانات از این روش استفاده شده است.

۲- محاسبه نرخ انتشار آمونیاک از طریق موازنه جرم نیتروژن ورودی و خروجی از سالن؛ در این روش تمام نیتروژن ورودی از طریق جیره غذایی، آب و سایر مواد ورودی به سالن و نیتروژن خروجی از طریق گوشت و کود و سایر خروجی‌های نیتروژن‌دار اندازه‌گیری می‌شوند. با حل معادله تعادل، نرخ انتشار آمونیاک از سالن پرورش به محیط به‌دست می‌آید. در پژوهش‌های زیادی نیز از این روش برای محاسبه نرخ نیتروژن منتشر شده از سالن‌های پرورش دام و طیور استفاده شده است (Liang *et al*., 2004; Keener and Zhao, 2008; Yang *et al*., 2000; Powell *et al*., 2008, Blanes-Vidal *et al*., 2007).

تحقیقات زیادی در سراسر جهان برای اندازه‌گیری انتشار آمونیاک از سالن‌های پرورش طیور جهت ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی و میزان انتشار آمونیاک صورت گرفته است. اما این کار در کشور ایران تاکنون انجام نشده و هیچ منبع دقیقی در زمینه انتشار آمونیاک از سالن‌های پرورش طیور در ایران موجود نیست.

در تحقیقی میزان انتشار آمونیاک از سالن‌های پرورش مرغ تخم‌گذار در چندین ایالت آمریکا مورد بررسی قرار گرفت. این محققین متوسط نرخ انتشار آمونیاک مرغ تخم‌گذار برای حالت تجمعی کود درون سالن در طول سال برای دو حالت تغذیه متفاوت مرغ را ۰/۹ و ۰/۸۱ گرم آمونیاک در هر روز برای هر مرغ ($gNH_3.day^{-1}.hen^{-1}$) به‌دست آوردند. آن‌ها همچنین برای مرغداری‌ها با سیستم انتقال کود تسمه نقاله‌ای مقادیر نرخ انتشار آمونیاک را ۰/۰۶۸ و ۰/۰۸۴ $gNH_3.day^{-1}.hen^{-1}$ به‌ترتیب برای آیووا و پنسیلوانیا گزارش کردند. نتایج این تحقیق، برای برآورد میزان تولید گازهای گلخانه‌ای از فرآورده‌های دامی در ایالات متحده آمریکا و تأثیر نوع مرغداری، تغذیه و نوع مدیریت، بر میزان تولید آمونیاک، مورد استفاده قرار گرفت (Liang *et al*., 2004).

نرخ انتشار آمونیاک در یازده مرغداری گوشتی ایالات کنتاکی و پنسیلوانیا در هوای سرد تا سن ۲۳ روزگی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه با استفاده از اندازه‌گیری آمونیاک ورودی و خروجی و محاسبه آمونیاک تولید شده درون سالن از طریق معادله تعادل آمونیاک، نرخ انتشار آمونیاک محاسبه شد. نرخ تهویه سالن با اندازه‌گیری سرعت هوا در ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌صورت مستقیم محاسبه شد. این محققین نرخ انتشار آمونیاک را در محدوده صفر تا ۰/۹۲ گرم در هر روز به ازای هر جوجه و یا برای هر واحد ۵۰۰ کیلو گرمی از پرنده‌ها بین ۰ تا ۶۰۷ گرم برای هر روز گزارش کردند. نتایج این پژوهش بین یازده واحد مرغداری، حتی آن‌ها که در یک مزرعه و نزدیک به‌هم بودند، اختلاف زیادی از نظر نرخ انتشار آمونیاک نشان داد (Wheeler *et al*., 2003).

Wang و همکاران (۲۰۰۹) نیز نرخ انتشار آمونیاک را با استفاده از روش موازنه جرم نیتروژن ورودی و خروجی به سالن مرغداری به‌دست آوردند. آن‌ها در این تحقیق نرخ انتشار آمونیاک برای حالتی که هر ۳ تا ۵ روز کود از سالن مرغداری خارج می شد را در محدوده

۰/۰۷ تا $gNH_3.D^{-1}.hen^{-1}$ ۰/۳۷ گزارش کردند.

با افزایش دما و pH بستر، نرخ شکست نسبی اسید اوریک نیز افزایش یافته و باعث افزایش نرخ انتشار آمونیاک در دماها و pHهای بالاتر بستر می‌شود. همچنین در مطالعات گذشته بیشترین نرخ انتشار آمونیاک در محدوده رطوبت بستر ۴۰ تا ۶۰ درصد مشاهده شده است (Groot Koerkamp, 1994).

Lacey و همکاران (۲۰۰۳) نیز انتشار آمونیاک را در ۴ سالن مختلف مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود بین دما و رطوبت سالن با نرخ انتشار آمونیاک رابطه معنی‌داری پیدا نکردند. متوسط نرخ انتشار آمونیاک در تحقیق آن‌ها ۶۳۲ میلی‌گرم آمونیاک در هر روز برای هر پرنده گزارش شد، کل انتشار آمونیاک در طول دوره پرورش نیز ۳۱ گرم گزارش شد.

محققان انتشار آمونیاک را در دو سیستم پرورش با تهویه مکانیکی و طبیعی، مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از روش موازنه کربن‌دی اکسید برای اندازه‌گیری نرخ تهویه سالن استفاده کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برای هر دو حالت تهویه طبیعی (NVB) و تهویه مکانیکی (MVB)، با افزایش سن پرنده میزان نرخ انتشار آمونیاک نیز افزایش یافته و حدودا تا ۳۵ روزگی این تغییر سیر افزایشی داشته و بیشترین مقدار در سن ۳۵ روزگی مشاهده شده و پس از آن انتشار آمونیاک با افزایش سن، مقدار اندکی کاهش داشته است (Mendes *et al*., 2014).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای اندازه‌گیری نرخ انتشار آمونیاک و مطالعه تأثیرات دما و رطوبت سالن و سن جوجه‌ها بر میزان انتشار آمونیاک، از یک سالن مرغداری با ظرفیت ۱۸ هزار قطعه جوجه گوشتی در شهرستان سبزوار از استان خراسان رضوی استفاده شد. ارتفاع شهر سبزوار از سطح دریا ۹۵۰ متر بوده و از نظر جغرافیایی در موقعیت ۵۷ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی نسبت به نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد.

سالن مورد استفاده، یک قسمت از مجموعه مرغداری ۱۱۰ هزار قطعه‌ای متشکل از شش سالن مشابه کنار یکدیگر بود. طول سالن ۷۹ متر و عرض آن ۱۵ متر اندازه‌گیری شد. سقف سالن، شیبدار و ارتفاع سقف در قسمت دیوارهای جانبی ۲/۵۵ متر و ارتفاع وسط سالن به ۴ متر می‌رسد. دیواره ها و سقف سالن عایق حرارتی و غیرقابل اشتعال می‌باشد. تعداد جوجه در واحد سطح در سالن مورد مطالعه ۱۵ عدد بود و فاکتورهای مورد مطالعه در سالن از سن یک روزگی جوجه‌ها به مدت ۴۵ روز مورد بررسی قرار گرفت. داده‌برداری‌ها در شهریور و مهرماه سال ۱۳۹۵ (August and September, 2016) انجام شد.

سالن مجهز به سیستم تهویه مکانیکی نیمه اتوماتیک بود. در این سیتم تهویه فن‌ها با خارج شدن دما از حالت استاندارد به‌صورت خودکار خاموش و یا روشن می‌شدند ولی سیستم تهویه به گازهای آلاینده و سایر پارامترها به‌جز دما حساس نبود و همچنین دریچه‌های ورودی هوا نیز به‌صورت دستی تنظیم می‌شد. در هر طرف سالن ۳۷ دریچه ورودی هوا با ابعاد ۲۸ در ۴۴ سانتی‌متر و در انتهای سالن ۱۰ فن با مجموع ظرفیت ۲۵۰ هزار متر مکعب در ساعت برای مکش هوا وجود داشت. ۸ عدد از فن‌ها دارای قطر ۱۳۰ سانت و با ظرفیت ۲۸۵۰۰ متر مکعب در ساعت و ۲ عدد از فن‌ها نیز با قطر ۹۵ سانت و ظرفیت ۱۰۸۰۰ متر مکعب بود. برای تنظیم حجم تهویه سالن، دریچه‌های ورودی هوا به مقدار مورد نیاز باز می‌شد. در ابتدای سالن، دو پد خنک‌کننده به ابعاد ۱/۵ متر در ۱۵ متر در دو طرف قرار گرفته که هریک دارای ۱۰ دریچه ورودی هوا به داخل سالن بودند. پدها در مواقع لزوم با جریان آب خنک شده و باعث کاهش دما و افزایش رطوبت هوای ورودی به سالن می‌شدند. برای انجام تحقیق در گام اول تمامی سنسورهای سرعت باد، دما، رطوبت، غلظت آمونیاک و غیره جهت جمع‌آوری اطلاعات، درون سالن نصب شد و اطلاعات ارسالی از سنسورها در یک سیستم کامپیوتری مرکزی ذخیره شدند.

برای اندازه‌گیری دما و رطوبت هوای سالن از ۵ سنسور دما و رطوبت دیجیتال مدل AM2303 استفاده شد. یک مدار الکترونیکی با دقت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد برای دما و ۰/۱ درصد برای رطوبت نسبی هوا طراحی شد و سنسور AM2303 درون مدار قرار گرفت. شکل ۱ نمایی از ماژول طراحی شده را نشان می‌دهد. پنج ماژول با این مشخصات در نقاط مختلف سالن در ارتفاع‌های متفاوت، نصب شدند و به‌صورت آنلاین هر ۱۰ ثانیه یک بار داده‌برداری انجام و به سیستم مرکزی ارسال گردید. دما و رطوبت هوای بیرون نیز به‌صورت آنلاین اندازه‌گیری و ثبت شد. دمای بستر نیز در نقاط مختلف با استفاده از دماسنج لیزری در چند نوبت اندازه‌گیری و ذخیره گردید. شکل ۲ نمایی از سالن مرغداری و موقعیت سنسورهای دما و رطوبت و آمونیاک را که به‌صورت آنلاین هر ۱۰ ثانیه داده‌برداری کردند، نشان می‌دهد. مختصات این سنسورها در عکس نشان داده شده است.

غلظت آمونیاک در ورودی‌ها و خروجی‌های هوای سالن، با استفاده از سنسور آمونیاک مدل TGS2444 هر ۱۰ ثانیه یک بار در طول پژوهش اندازه‌گیری و در سیستم مرکزی ثبت شد. شکل ۳ نمایی از ماژول اندازه‌گیری غلظت آمونیاک هوا را نشان می‌دهد.

سرعت هوای خروجی هر فن با استفاده از بادسنج سیم داغ اندازه‌گیری شد و نرخ تهویه برای هر یک از فن‌ها، با داشتن میانگین سرعت هوا در نقاط مختلف فن، با استفاده از رابطه (۲) در هر لحظه محاسبه شد.

$$Q = V \times A \qquad (۲)$$

در این رابطه، A معرف سطح مقطع فن برحسب متر مربع، V

میانگین سرعت عبور هوا از سطح مقطع فن بر حسب متر بـر ثانیـه و Q نرخ تهویه سالن بر حسب متر مکعب در هر ثانیه می‌باشد.

خروجـی تمـامی سنسـورها، قبـل از ارسـال بـه سیسـتم ذخیـره اطلاعات، به داده‌های دیجیتال تبـدیل شـده و بـا کابـل RS485 بـه کامپیوتر مرکزی انتقال یافت. تبدیل خروجی سنسـورها بـه داده‌هـای دیجیتالی، امکان تغییر دیتاها و بروز خطاهای احتمالی را بسیار کاهش می دهد.

نرخ انتشار آمونیاک نیز با داشتن نـرخ تهویـه و غلظـت آمونیـاک هوای ورودی از دریچه‌ها و هوای خروجـی فـن‌هـا، از طریـق معادلـه تعادل آمونیاک با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Luciano *et al*., 2014).

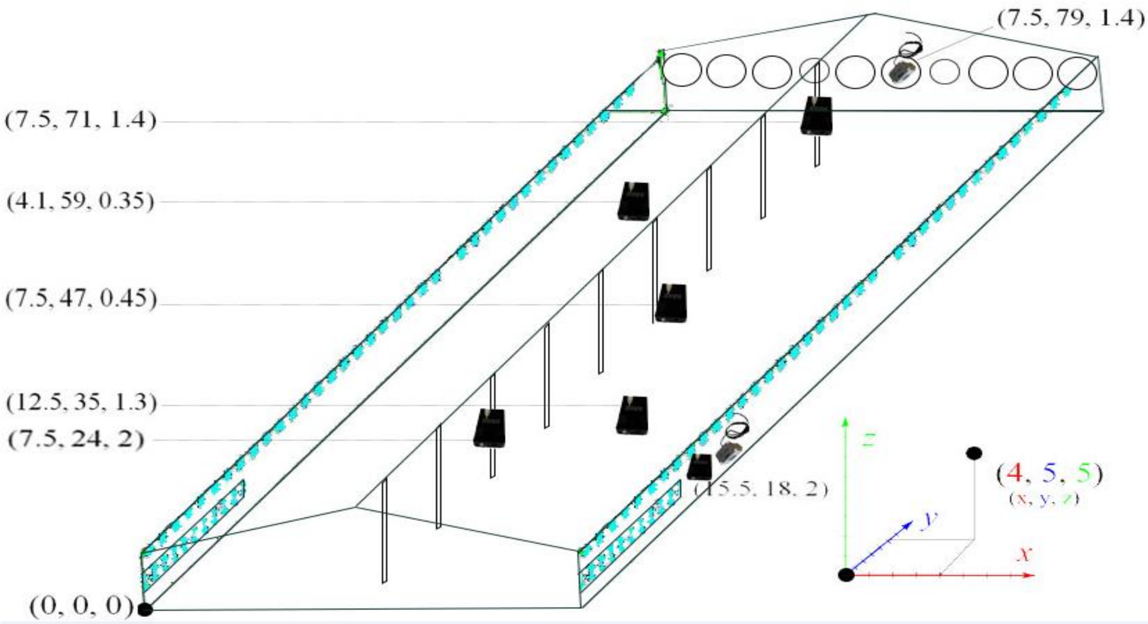
$$NH_3ER = \frac{Q.\Delta[NH3].W_{NH_3}}{V_{NH_3}} \quad (۳)$$

$$\Delta [NH_3] = ([NH_3]_{outlet} - [NH_3]_{inlet}) \quad (۴)$$



شکل ۱– ماژول اندازه‌گیری دما و رطوبت با سنسور AM2303

Fig.1. Temperature and humidity measurement module with sensor AM2303



شکل ۲– شماتیک سالن مورد مطالعه و محل قرارگیری سنسورهای دما، رطوبت و آمونیاک (واحد اعداد به متر می‌باشد).

Fig.2. Schematic representation of research room showing the location of temperature, humidity and ammonia sensors (values are in meter)



شکل ۳- ماژول اندازه گیری آمونیاک با سنسور آمونیاک مدل RS485
Fig.3. Measuring ammonia concentration module using RS485 sensor

در این روابط پارامترها به شکل زیر تعریف شده است:

NH_3 ER: نرخ انتشار آمونیاک بر حسب گرم در روز به ازای هر جوجه ($g.bird^{-1}.day^{-1}$)

Q: نرخ تهویه سالن بر حسب متر مکعب در هر روز به ازای هر پرنده ($m^3.bird^{-1}.day^{-1}$)

$[NH_3]_{outlet}$: غلظت آمونیاک هوای بیرون سالن بر حسب قسمت در میلیون حجمی (ppm_v)

$[NH_3]_{inlet}$: غلظت آمونیاک هوای داخل سالن بر حسب قسمت در میلیون حجمی (ppm_v)

W_{NH3}: جرم مولی گاز آمونیاک (۱۷/۰۳۱ گرم بر مول)

V_{NH3}: حجم مولی گاز آمونیاک در دمای اتاق (۲۵^oC) و فشار یک آتمسفر (۰/۰۲۴۵ متر مکعب بر مول)

با محاسبه نرخ انتشار آمونیاک در هر لحظه از سن پرنده و داشتن دماها و رطوبت‌های متناظر با آن، رابطه نرخ انتشار آمونیاک با فاکتورهای مؤثر بر آن به‌دست آمد. معادله نرخ انتشار آمونیاک بر اساس دما و رطوبت و سن پرنده به روش رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SPSS به‌دست آمد. برای این کار توابع رگرسیونی مختلف خطی و درجه دو مورد بررسی قرار گرفت و بهترین مدل انتخاب و ارائه شد. معادله رگرسیونی ارائه شده در مقایسه با شرایط واقعی، اعتبارسنجی شد.

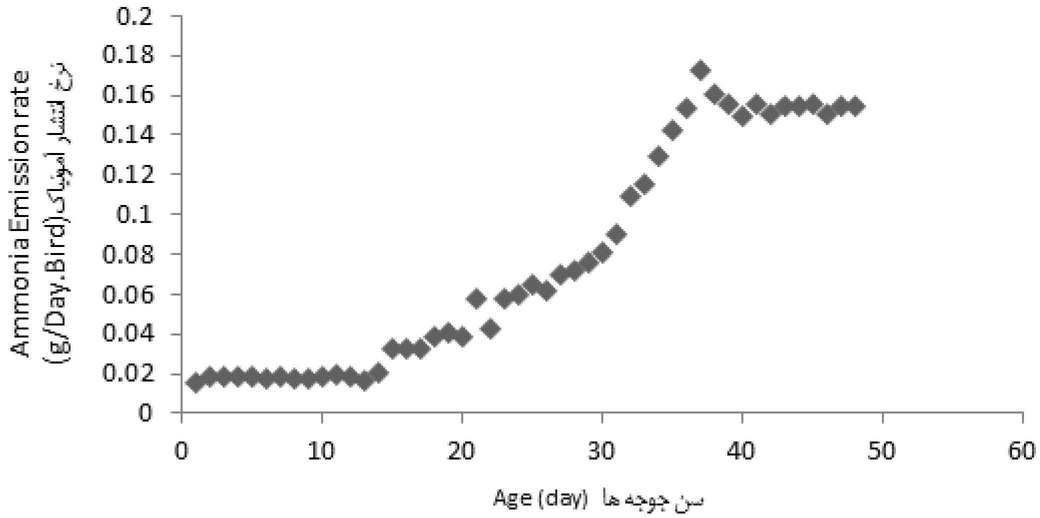
نتایج و بحث

میانگین نرخ انتشار آمونیاک در طول دوره پرورش جوجه‌های گوشتی ۸۹ میلی‌گرم در روز برای هر پرنده اندازه‌گیری شد. انتشار آمونیاک در روزهای آغازین پرورش جوجه‌ها از ۱۵ میلی‌گرم در روز آغاز و در ۳۷ روزگی به حداکثر مقدار خود یعنی ۱۷۲ میلی‌گرم رسید و سپس مقدار اندکی کاهش یافت. میانگین غلظت آمونیاک سالن نیز در طول دوره پرورش ppm ۰/۸۳ به‌دست آمد. شکل ۴ نشان‌دهنده نرخ انتشار آمونیاک در روزهای مختلف سن جوجه‌ها گوشتی در فصل تابستان است. با توجه به این که شرایط دما و رطوبت سالن در مرغداری‌های صنعتی و مکانیزه تا حد بالایی کنترل شده است و در فصول مختلف سال سعی می‌شود مطابق با استانداردهای پرورش باشد، انتشار آمونیاک در طول سال نیز با دقت کم قابل تخمین است. باید توجه داشت که در صورت تغییرات زیاد رطوبت هوا در فصول مختلف سال و تغییرات زیاد نرخ تهویه در فصول سرد و گرم سال، ممکن است نرخ انتشار آمونیاک تغییر کند. از آنجا که یکی از عوامل مؤثر در انتشار گاز آمونیاک رطوبت بالای بستر است و به دلیل آن که در زمستان رطوبت محیط و به تبع آن رطوبت سالن و بستر بالاتر می‌باشد و از طرفی به دلیل وجود سرما، تهویه سالن به‌صورت حداقل (minimum ventilation) است بنابراین در زمستان انتشار گاز آمونیاک در سالن‌های پرورش بالاتر می باشد.

با چشم‌پوشی از تغییرات نرخ انتشار آمونیاک در فصل‌های مختلف، مقدار تجمعی انتشار آمونیاک از سالن مرغداری به ازای هر قطعه پرنده در طول سال در شهرستان سبزوار، در شکل ۵ آورده شده است. مجموع انتشار آمونیاک برای پرورش هر قطعه جوجه حدود ۴/۵ گرم بوده و این مقدار برای کل سالن در یک دوره پرورش به ۸۰ کیلوگرم می‌رسد. با احتساب ۵ دوره پرورش در هر سال، هر سالن

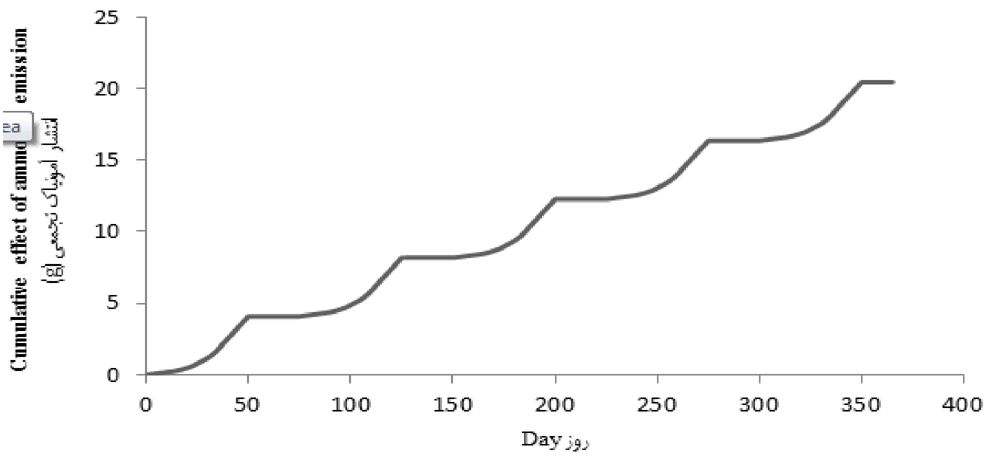
۴۰۰ کیلوگرم آمونیاک در سال به محیط منتشر می‌کند و برای مجموعه مورد مطالعه با ۶ سالن مشابه، چیزی در حدود ۲/۴ تن گاز آمونیاک به‌صورت سالانه به محیط منتشر می‌شود. این عدد، بدون در نظر گرفتن میزان انتشار گاز آمونیاک از کودها، پس از خروج کودها از سالن مرغداری و رها شدن در محیط آزاد می‌باشد. انتشار آمونیاک با پایان دوره پرورش به پایان نمی‌رسد و تا زمانی که کود فرآوری شود و یا در خاک تجزیه شود ادامه می‌یابد. میزان انتشار گاز آمونیاک از کودهای ذخیره شده در خارج از مرغداری، بسته به شرایط محیطی، چندین برابر میزان گاز منتشر شده در سالن می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده در این پژوهش نزدیک به نتایج حاصل از تحقیق Wang و همکاران (۲۰۰۹) است. آن ها نرخ انتشار آمونیاک از سالن مرغداری را در محدوده ۷۰ تا ۳۷۰ میلی‌گرم در هر روز برای هر جوجه به‌دست آوردند. Mendes و همکاران (۲۰۱۴) نیز نمودار نرخ انتشار آمونیاک را در سنین مختلف پرورش جوجه‌ها ترسیم کردند. در تحقیق آن‌ها حداکثر انتشار آمونیاک در محدوده سن ۳۵ روزگی مشاهده شد. نتایج مشاهدات آن‌ها کاملاً منطبق با نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشد.



شکل ٤- نرخ انتشار آمونیاک در طول یک دوره پرورش جوجه‌های گوشتی در فصل تابستان

Fig. 4. Ammonia emission rate during a broiler rearing period in summer



شکل ۵- اثر تجمعی انتشار آمونیاک در طول یک سال به ازای هر یک عدد ظرفیت تولید مرغ گوشتی در شهرستان سبزوار

Fig. 5. The Cumulative effect of ammonia emission per year per number of broiler chicken production capacity in Sabzevar

نرخ انتشار آمونیاک در سالن پرورش مورد مطالعه، از برخی پژوهش های مشابه که در سالیان گذشته انجام شده است کمتر بود. نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها عبارتند از: پژوهش Liang و همکاران (۲۰۰۴) که نرخ انتشار آمونیاک را بین ۰/۸۱ تا ۰/۹ گرم آمونیاک برای هر جوجه در هر روز به‌دست آوردند و پژوهش Lasey و همکاران (۲۰۰۳) که متوسط نرخ انتشار آمونیاک را در سالن‌های پرورش مرغ گوشتی ۶۳۲ میلی‌گرم برای هر جوجه در هر روز گزارش دادند.

در تحقیق انجام شده هیچ‌گاه در طول دوره رشد پرنده، غلظت آمونیاک سالن از حد مجاز عبور نکرد. دلیل دستیابی به این شرایط مطلوب، رعایت دقیق شرایط تهویه سالن، استاندارد بودن دانخوری‌ها و آبخوری‌ها، جیره غذایی مناسب و در نهایت شرایط آب و هوایی خشک منطقه مورد مطالعه می‌تواند باشد.

در جدول ۱ ضرایب همبستگی بین فاکتورهای مختلف مؤثر بر نرخ انتشار آمونیاک درون سالن مورد بررسی قرار گرفته است. نرخ انتشار آمونیاک، بیش از هر فاکتور دیگری به سن جوجه‌ها وابسته است. با افزایش سن جوجه‌ها میزان فضولات کف سالن افزایش یافته و باعث بیشتر شدن نرخ انتشار آمونیاک درون سالن می‌شود. به‌نظر می‌رسد که همبستگی زیاد بین نرخ تهویه و نرخ انتشار آمونیاک نیز به دلیل همبستگی هردوی آن‌ها با سن پرنده باشد، زیرا با افزایش سن پرنده شرایط پرورش به‌گونه‌ای تغییر می‌کند که باید نرخ تهویه افزایش یابد و از طرفی نیز چون فضولات کف سالن بیشتر شده نرخ انتشار آمونیاک نیز افزایش یافته و باعث همبستگی بیشتر دو فاکتور نرخ تهویه و نرخ انتشار آمونیاک با یکدیگر می‌شود.

جدول ۱- ضرایب همبستگی برخی فاکتورهای مؤثر بر نرخ انتشار آمونیاک درون سالن

Table 1- Correlation coefficients of measured factors in the house

	ضرایب همبستگی Correlation coefficient				
	ER	**VR**	**Age**	**T_{in}**	**H_{in}**
نرخ انتشار آمونیاک ER ($mg.bird^{-1}.day^{-1}$)	1				
نرخ تهویه VR ($m^3.h^{-1}$)	0.970	1			
سن جوجه‌ها Age (day)	0.920	0.952	1		
دمای داخل سالن T_{in} (°C)	-0.655	-0.680	-0.785	1	
رطوبت نسبی هوای سالن H_{in} (percent)	0.01	0	-0.017	-0.235	1

ER = NH_3 Emission Rate, VR = Ventilation Rate, T_{in} = Temperature indoor, H_{in} = Relative Humidity indoor

رابطه (۵) نرخ انتشار آمونیاک را بر اساس دما و رطوبت سالن و سن جوجه‌ها بیان می‌کند. جدول ۲ ضرایب تأثیر هر فاکتور از رابطه (۵) و سطح معنی‌داری این ضرایب را بیان می‌کند. همان‌طور که از جدول ضرایب پیداست، هر سه فاکتور سن جوجه‌ها و دما و رطوبت سالن تأثیر معنی‌داری بر نرخ انتشار آمونیاک دارند. سن جوجه‌ها بالاترین تأثیر را داشته و دما و رطوبت سالن به‌ترتیب ضرایب تأثیر کمتری را بر نرخ انتشار آمونیاک داشته‌اند. طبق معادله با افزایش سن پرنده و بالاتر رفتن دما و رطوبت سالن، نرخ انتشار آمونیاک نیز افزایش یافته است. ضریب تعیین R^2 برای رابطه به‌دست آمده برابر با ۰/۸۶ می‌باشد. ۳۲۸۷ مرحله دیتابرداری در طول دوره پرورش برای استخراج رابطه (۵) مورد تحلیل آماری قرار گرفت.

$$ER = - 0.234 + 0.006\ Age + 0.004\ T_{average} + 0.001\ H_{average} \quad (۵)$$

نتایج تحقیق Groot Koerkamp (۱۹۹۴) در زمینه تأثیرات دما و رطوبت سالن پرورش بر نرخ انتشار آمونیاک با نتایج این تحقیق کاملا همسو بوده و تأییدکننده نتایج این تحقیق است. Groot (۱۹۹۴) در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که با کاهش رطوبت سالن به کمتر از ۶۰٪ انتشار آمونیاک کاهش می‌یابد. در تحقیق وی با مقایسه بین انتشار آمونیاک در دو دمای ۱۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشخص شد که با افزایش دما نرخ انتشار آمونیاک افزایش می‌یابد.

در شکل ۶ و جدول ۳ نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از شرایط واقعی سالن را با نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از معادله رگرسیون مورد مقایسه قرار گرفته است. در معادله رگرسیون با استفاده از دما و رطوبت سالن و سن پرنده، نرخ انتشار آمونیاک با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد. در حالت شرایط واقعی نیز، نرخ انتشار آمونیاک با استفاده از ماژول آمونیاک، اندازه‌گیری شده است. مقایسه این دو روش نشان

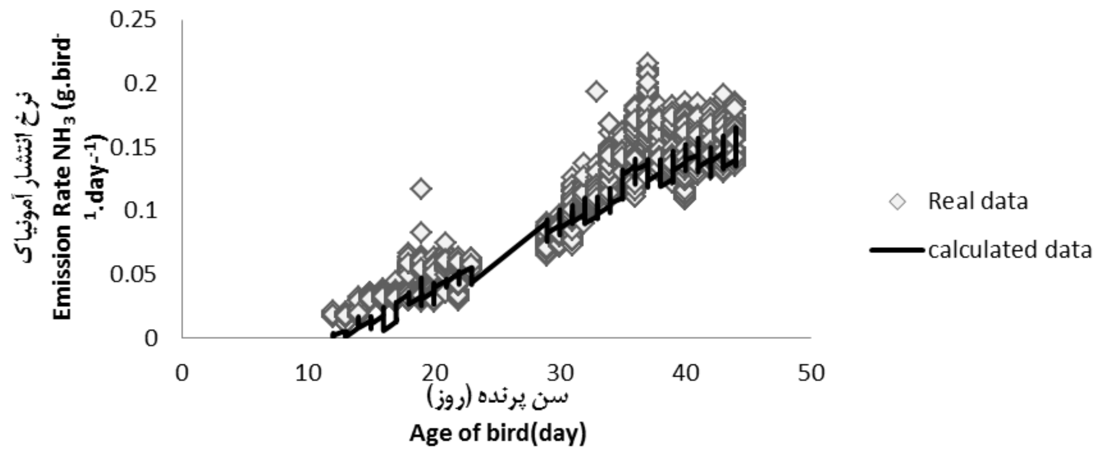
می‌دهد که معادله رگرسیون توانسته با دقت خوبی نرخ انتشار آمونیاک از سالن را تخمین بزند. محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بین ۳۳۰۰ نمونه نرخ انتشار گاز آمونیاک انـدازه‌گیـری شـده از سـالن در شـرایط واقعی و نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از رابطه رگرسیون با استفاده از دما و رطوبت و سن پرنده، بیش از ۰/۹۵ همبستگی را نشان داد.

جدول ۲- ضرایب رگرسیون خطی و رگرسیون استاندارد شده برای رابطه (۵)

Table 2- Coefficients of the linear regression and standardized regression for the equation 5

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std.Error	Beta	T	Sig
Constant عدد ثابت	-0.234	0.009	0	-26.725	0.00
Age, (day) سن پرنده	0.006	0.000	1.100	99.356	0.00
$T_{average}$, (°C) دمای هوا	0.004	0.000	0.229	20.065	0.00
$H_{average}$, (%) رطوبت نسبی	0.001	0.000	0.083	11.689	0.00

متغیر وابسته Dependent Variable: نرخ انتشار آمونیاک Emission Rate



شکل ٦- مقایسه نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از رابطه رگرسیون با نرخ انتشار اندازه‌گیری شده در شرایط واقعی

Fig. 6. Comparison of the ammonia emission rate obtained from the regression relationship with the measured emission rate in real terms

با کاربرد نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌تـوان نـرخ انتشـار آمونیاک را در سالن‌های پرورش مرغ گوشتی محاسبه کرده و با توجه به میزان انتشار گاز سمی آمونیاک، نرخ تهویه مورد نیاز بـرای کنتـرل این گاز را به‌دست آورد. محاسبه دقیق نرخ تهویه سالن باعث کـاهش مصرف انرژی، افزایش تولید و کنترل بهتـر و دقیـق‌تـر سـالن جهـت جلوگیری از بیماری‌ها خواهد شد.

برای کنترل نرخ انتشار آمونیاک با استفاده از نتایج ایـن پـژوهش چند راهکار می توان پیشنهاد کرد. بالا رفتن دما و رطوبت سالن باعث افزایش نرخ تولید گازآمونیاک شد. بنابراین می‌توان با کنترل دقیق دما و رطوبت سالن و و ممانعت از افزایش بـیش از حـد رطوبـت سـالن و بستر، نرخ انتشار آمونیاک را کاهش داد. در بسترهای با رطوبت کمتر، فعالیت میکروبی کاهش یافته و باعث کاهش تولید آمونیـاک و کمتـر شدن بیماری‌های میکروبی در مرغداری می‌شود. باید توجه داشت که کاهش رطوبت سالن به اندازه‌ای باشد که رطوبـت مـورد نیـاز پرنـده تأمین شود و از طرفی بستر نیز به‌قدری خشک نباشد که در سالن گرد و غبار ایجاد گردد زیرا این مسئله منجر به بروز بیماری‌های تنفسی در سالن می‌گردد. با افزایش سن پرنده نیز نرخ انتشار آمونیـاک افـزایش یافت. بخش زیادی از این افزایش نرخ انتشـار بـه دلیـل جمـع شـدن فضولات در سالن از ابتدای دوره می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه نرخ انتشار آمونیاک به‌دست آمده از رابطه رگرسیون با نرخ انتشار اندازه‌گیری شده در شرایط واقعی

Table 3- Comparison of the ammonia emission rate obtained from the regression relationship with the measured emission rate in real terms

نرخ انتشار به‌دست آمده از رابطه رگرسیونی **Calculated ER from Regression**			نرخ انتشار اندازه‌گیری شده در شرایط واقعی **Real data for ER**			
کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	سن جوجه‌ها Age of birds
0.000	0.004	0.00038	0.016	0.021	0.018427	12
0.000	0.005	0.001228	0.011	0.020	0.016267	13
0.008	0.017	0.013881	0.016	0.032	0.020656	14
0.007	0.017	0.012331	0.028	0.036	0.032411	15
0.006	0.024	0.015937	0.028	0.039	0.032681	16
0.012	0.028	0.01961	0.028	0.044	0.032735	17
0.026	0.036	0.030802	0.029	0.066	0.039037	18
0.025	0.047	0.031752	0.028	0.117	0.041168	19
0.026	0.043	0.036813	0.028	0.063	0.039095	20
0.040	0.046	0.042747	0.035	0.074	0.057567	21
0.042	0.052	0.047749	0.029	0.063	0.042543	22
0.042	0.055	0.04887	0.053	0.063	0.057421	23
0.076	0.093	0.083947	0.065	0.091	0.075726	29
0.081	0.101	0.090656	0.071	0.096	0.081414	30
0.090	0.104	0.095391	0.073	0.126	0.090414	31
0.090	0.110	0.098864	0.090	0.137	0.109328	32
0.094	0.111	0.101836	0.106	0.193	0.115188	33
0.098	0.118	0.107289	0.109	0.169	0.129599	34
0.109	0.132	0.125808	0.130	0.162	0.142257	35
0.121	0.141	0.129847	0.110	0.182	0.153213	36
0.118	0.140	0.131326	0.154	0.216	0.172654	37
0.119	0.140	0.130921	0.130	0.182	0.161067	38
0.122	0.147	0.132502	0.122	0.182	0.14809	39
0.131	0.152	0.142021	0.108	0.186	0.149547	40
0.130	0.157	0.143218	0.128	0.184	0.155474	41
0.127	0.150	0.142032	0.131	0.180	0.150785	42
0.133	0.159	0.146485	0.130	0.191	0.154063	43
0.135	0.165	0.14819	0.135	0.185	0.154579	44

References

1. Blanes-vidal, V., P. A. Topper, and E. F. Wheeler. 2007. Validation of ammonia emissions from dairy cow manure estimated with a non-steady-state, recirculation flux chamber with whole-building emissions. Transactions of the ASABE 50 (2): 633-640.

2. Groot Koerkamp, P. W. G. 1994. Review on Emission of Ammonia from Housing Systems for Laying Hens in Relation to Sources, Processes, Building Design and Manure Handling. Agric, Engng Res. 59: 73-87.
3. Keener, H. M., and L. Zhao. 2008. A modified mass balance method for predicting NH_3 emission s from manure N for livestock and storage facilities. Biosystem Engineering 99: 81-87.
4. Lacey, R. E., J. S. Redwine, and C. B. Parnell. 2003. Particulatr matter mnd Ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the southern U.S. 46 (4): 1203-1214.
5. Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. Nutrition of the Chicken. 4th edition. University Books. Ghelph, Ca.
6. Liang, Y., H. Xin, E. F. Wheeler, R. S. Gates, and H. Li. 2004. Ammonia Emission for US Poultry Houses: Laying Hens. Agricultural and Biosystem Engineering, Digital Repository at Iowa State University.
7. Mendes, L. B., I. F. F. Tinoco, N. W. M. Ogink, K. S. O. Rocha, J. A. Osorio, and M. S. Santos. 2014. Ammonia emission from a naturally and a mechanically ventilated broiler house in Brazil. Agriambi 18 (11): 1179-1185.
8. Mirzaee-Ghaleh, E., M. Omid, A. Keyhani, and M. G. Dalvand. 2015. Comparison of fuzzy and on/off controllers for winter season indoor climate management in a model poultry house. Computers and Electronics in Agriculture 110: 187-195.
9. Norton, T., D. W. Sun, J. Grant, R. Fallon, and V. Dodd. 2007. Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the modelling and design of ventilation systems in the agricultural industry: a review. Bioresource Technology 98: 2386-2414.
10. Osorio, J. A., I. F. Tinoko, and H. J. Ciro. 2009. Ammonia: A review of concentration and emission models in livestock structures. Dyna 158: 89-99.
11. Pashmi, M., and S. Moradi. 2010. Buildings, installations and equipment for growing of poultry. Publishing promoting agricultural training, Tehran, Iran. (In Farsi).
12. Powell, J. M., T. H. Misselbrook, and M. D. Casler. 2008. Season and bedding impacts on ammonia emissions from tie-stall dairy barns. J. Environ. Qual 37: 7-15.
13. Phillips, V. R., O. S. Lee, R. Scholtens, J. A. Garland, and R. W. Sneath. 2001. A review of methods for measuring emission rates of ammonia from livestock buildings and slurry or manure stores, Part 2: Monitoring flux rates, concentrations and airflow rates. Journal of Agricultural Engineering Research 78 (1): 1-14.
14. Sadrnia, H, M. Khojastehpour, H. Aghel, and A. Saiedi Rashk Olya. 2017. Analysis of different inputs share and determination of energy Indices in broilers production in Mashhad city. Journal of Agricultural Machinery 7 (1): 285-297. (In Farsi).
15. Wang, S., L. Zhao, Z. Wang, and R. B. Manuzon. 2009. Estimation of Ammonia Emission from Manure Belt Poultry Layer Houses Using an Alternative Mass-Balance Method. Agricultural and Biosystem Engineering, Digital Repository at Iowa State University.
16. Wheeler, E. F., K. D. Casey, J. L. Zajaczkowski, P. A. Topper, and R. S. Gates. 2003. Ammonia Emissions from U.S. Poultry Houses: Part III-Broiler Houses. Agricultural and Biosystem Engineering, Digital Repository at Iowa State University.
17. Xin, H. A., T. Tanaka, R. S. Wang, E. F. Gates, K. D. Wheeler, A. J. Casey, J. Heber, and T. Niand. 2002. A portable system for continuous ammonia measurement in the field. ASAE. Paper 01-4168, St. Joseph MI.
18. Yang, P., J. C. Lorimor, and H. Xin. 2000. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. Transaction of the ASABE 43 (6): 1771-1780.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 377-388

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۳۸۸-۳۷۷

Study of Ammonia Gas Emission from Broiler Houses and the Effects of Temperature, Humidity and Age on It

M. Baghani[1]- M. H. Aghkhani[2*]
Received: 17-06-2017
Accepted: 09-08-2017

Introduction

Iran as one of the largest producers of poultry in Asia and plays major role in feeding the world's population, particularly in the poultry industry. Research about this industry will help to improve the quality and the quantity of products. Increasing of the concentration of toxic gases such as NH3 (ammonia), CO_2 (carbon dioxide), SH_2 and CH_4 in poultry houses comes from bird activity inside the barn is one of the basic problems of the farming. Increasing the amount of these gases more than standard level would cause heavy mortality and reductions in the production. Ammonia is one of the most toxic gases in poultry houses, which must be controlled. Different studies have been carried out on measurement of ammonia emissions from poultry houses to reduce energy consumption and reduce emissions of ammonia. But no specific study has been found on ammonia emissions in Iran and there is no reliable documents of ammonia emissions from poultry in this country.

Material and Methods

In this study a poultry house with 18 thousand chickens was used to measure the emission rate of ammonia, the effect of temperature, moisture and age of chickens on emissions of ammonia in Sabzevar city. The barn was equipped with semi-automatic mechanical ventilation. At the first step of this research all sensors was installed for data collection, i.e., air velocity, temperature, humidity and ammonia concentration. Recorded data information were stored in a central computer. Five digital sensors, model AM2303, have been used to measure the temperature and humidity of the ambient air quality. The concentration of ammonia in the air inputs and outputs of the farm was measured using an ammonia sensor model TGS2444 every 10 seconds throughout the study and recorded in the central system. The average speed of the exhaust air was measured using the hot wire anemometer probe for every fan. The outputs of all sensors was converted to digital data and transferred to the central computer using RS485 cable in each module. Converting of the sensors output to digital data reduces changing the data and probable errors. Ammonia emission rates was found by calculating the concentration of ammonia and measuring the rate of input air and fans exhaust air by ammonia gas equilibrium equation. Relation of the ammonia emission rate was achieved using affective factors such as age of the birds and inside air humidity and temperature by regression method.

Results and Discussion

The average rate of ammonia emission during broiler growing were measured 89 mg per day for each bird. Ammonia emission rates increased until the age of 37 days and then decreased after the age of 37 days. Age of birds has the highest impact coefficient and temperature and relative humidity of the barn have the least impact coefficients on the ammonia emission rate. The ammonia emission rate has also increased by increasing the age of the bird, temperature and relative humidity of the air. Comparing of the ammonia emission rate derived from regression equation with real conditions showed that the regression equation method has a high precision for estimating the ammonia emission rate.

Conclusions

It is showed that the results of this research can predict the ammonia emission rate in the poultry houses and predict the required ventilation rates to minimize the amount of ammonia concentration. The results of this study

1- PhD student in Department of Mechanical Engineering Biosystem, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor in Department of Mechanical Engineering Biosystem. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: aghkhani@um.ac.ir)

can be used for automatic control system to minimize energy consumption in the poultry houses. According to the results, the reduction of temperature and humidity in poultry house can be used to reduce the ammonia level.

Keywords: Ammonia emission, Broilers, Regression model, Relative humidity, Temperature